

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : **2001-050916**  
 (43)Date of publication of application : **23.02.2001**

(51)Int.Cl. **G01N 23/22**  
**H01J 37/252**

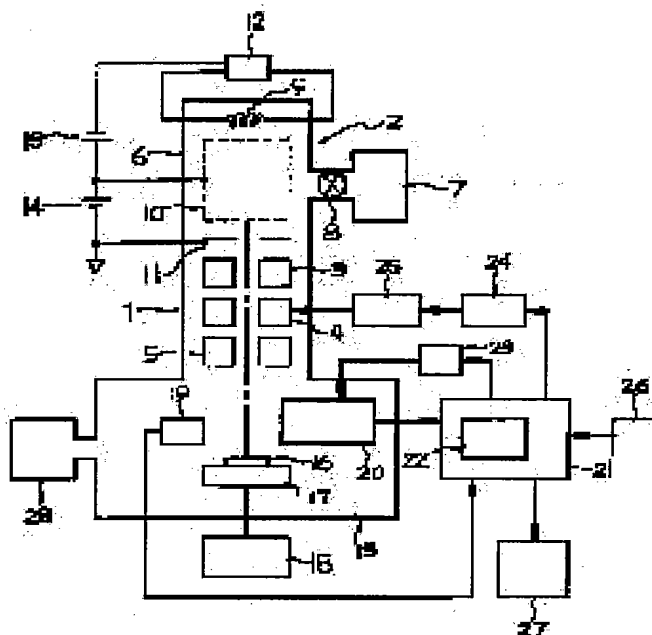
(21)Application number : **11-228214** (71) **JEOL LTD**  
 (22)Date of filing : **12.08.1999** (72) **KUDO MASATO**  
 Applicant :  
 Inventor :

## (54) METHOD AND APPARATUS FOR MEASUREMENT OF WORK FUNCTION

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain a method and an apparatus, in which a sample is irradiated with an ion beam so as to measure work function.

**SOLUTION:** When a selected work-function measuring point is irradiated with an ion beam, gas molecules which are adsorbed to the surface of a sample are measured immediately because the ion beam is irradiated. After that, from the measuring point on the sample, secondary electrons which sufficiently reflect the work function of the sample are emitted. A control means 21 controls an analysis energy setting means 23. The analysis energy setting means 23 continuously changes (sweeps) the analysis energy of an electron spectroscope 20 within a certain range, while the work-function measuring point is being irradiated with the ion beam. An energy-spectrum acquisition means 22 obtains a spectrum in the measuring point, on the basis of a signal which is sent from the electron spectroscope 20. By the control means 21, a spectrum which is obtained by the energy-spectrum acquisition means 22 is displayed on a display means 27.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2001-50916  
(P2001-50916A)

(43) 公開日 平成13年2月23日 (2001.2.23)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマコード\* (参考)

G 0 1 N 23/22

G 0 1 N 23/22

2 G 0 0 1

H 0 1 J 37/252

H 0 1 J 37/252

B 5 C 0 3 3

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平11-228214

(22) 出願日 平成11年8月12日 (1999.8.12)

特許法第30条第1項適用申請有り 平成11年3月15日～  
3月16日 日本学術振興会開催の「マイクロビームアナ  
リシス第141委員会 第96回研究会」において文書をも  
って発表

(71) 出願人 000004271

日本電子株式会社

東京都昭島市武蔵野3丁目1番2号

(72) 発明者 工 藤 政 都

東京都昭島市武蔵野3丁目1番2号 日本  
電子株式会社内

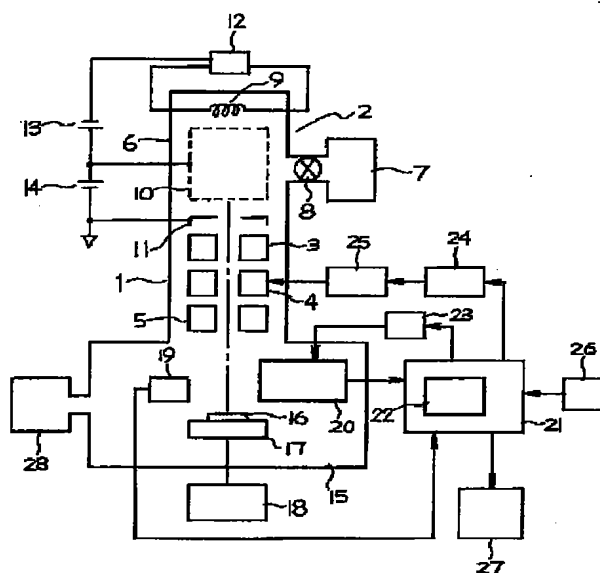
Fターム(参考) 2G001 AA03 AA05 BA07 BA09 CA03  
GA01 GA06 GA09 GA11 HA01  
HA13 JA02 JA03 JA13 JA14  
KA20 PA07 RA05  
5C033 QQ01 QQ11 QQ13 QQ15 RR01  
RR04 RR06

(54) 【発明の名称】 仕事関数測定法および仕事関数測定装置

(57) 【要約】

【課題】 イオンビームを試料に照射して仕事関数を測定する方法および仕事関数測定装置を提供すること。

【解決手段】 イオンビームが選択された仕事関数測定点を照射すると、このイオンビーム照射によって試料表面の吸着ガス分子は直ちに除去される。その後は、試料の測定点から、試料の仕事関数を十分に反映した2次電子が放出される。制御手段21は分析エネルギー設定手段23を制御し、分析エネルギー設定手段23は、イオンビームが仕事関数測定点に照射されているときに、電子分光器20の分析エネルギーをある範囲内において連続的に変化(掃引)させる。エネルギースペクトル取得手段22は、電子分光器20から送られてくる信号に基づき測定点におけるスペクトルを得る。制御手段21は、エネルギースペクトル取得手段22が得たスペクトルを表示手段27に表示させる。



**【特許請求の範囲】**

**【請求項1】** 試料にイオンビームを照射し、該イオンビーム照射により試料から放出される2次電子を検出してエネルギースペクトルを得、該得られたエネルギースペクトルから2次電子が出現する2次電子出現エネルギーを求め、該2次電子出現エネルギーに基づいて前記試料の仕事関数を求めることを特徴とする仕事関数測定法。

**【請求項2】** 試料にイオンビームを照射するためのイオンビーム照射手段と、該イオンビーム照射により試料から放出される2次電子を検出する信号検出手段と、該信号検出手段の出力に基づき、エネルギースペクトルを得るエネルギースペクトル取得手段と、該エネルギースペクトル取得手段の出力に基づき、前記エネルギースペクトルを表示させる表示手段を備えたことを特徴とする仕事関数測定装置。

**【請求項3】** 試料にイオンビームを照射するためのイオンビーム照射手段と、該イオンビーム照射により試料から放出される2次電子を検出する信号検出手段と、該信号検出手段の出力に基づき、エネルギースペクトルを得るエネルギースペクトル取得手段と、該エネルギースペクトル取得手段の出力に基づき、2次電子が出現する2次電子出現エネルギーを求める手段を備えたことを特徴とする仕事関数測定装置。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

**【発明の属する技術分野】** 本発明は、試料の仕事関数を求める仕事関数測定法および仕事関数測定装置に関する。

**【0002】**

**【従来の技術】** 試料の仕事関数を求める方法として、電子線照射により試料から放出される2次電子を利用するものがあるが、以下にこの方法について説明する。

**【0003】** 固体試料の表面に電子線を照射すると、図1に示すようなエネルギー分布を持った電子が発生する。このうちの最も低エネルギー側の大きな強度を有する部分は「真の2次電子」又は略して単に「2次電子」と呼ばれている。

**【0004】** 図2は、図1の2次電子の最も低エネルギー側の部分を拡大したものである。ここで、2次電子が出現するエネルギーをE<sub>onset</sub>とすると、E<sub>onset</sub>を越えたところから2次電子強度が急激に増加する。このE<sub>onset</sub>は、固体試料の仕事関数Φ<sub>s</sub>、2次電子を検出する電子分光器の仕事関数Φ<sub>sm</sub>、およびE<sub>b</sub>によって決まり、E<sub>onset</sub> = E<sub>b</sub> + Φ<sub>s</sub> - Φ<sub>sm</sub>で与えられる。E<sub>b</sub>はE<sub>b</sub> = eV<sub>b</sub>で、eは電気素量(1.6 × 10<sup>-19</sup> C)、V<sub>b</sub>は試料に印加される負のバイアス電圧の絶対値であり、また、電子分光器は真空準位(分光器最表面の電位)を基準にして調整されているものとする。なお、図2は、電子分光器の真空準位を座標原点とって表示されてい

る。

**【0005】** 前記電子分光器の仕事関数Φ<sub>sm</sub>は、仕事関数が既知の試料に対してE<sub>onset</sub>を測定することによって知ることができる。このため、Φ<sub>sm</sub>を知れば、仕事関数が未知の試料に対するE<sub>onset</sub>を測定することによって、その未知試料の仕事関数が測定できる。

**【0006】** 以上、電子線を用いた仕事関数測定法について説明したが、この方法によれば、電子線を細く絞ることができるので、微小部分の分析が可能になるなどの特徴を有する。

**【0007】**

**【発明が解決しようとする課題】** 一方、このような従来の仕事関数測定法を行うにあたっては、次のような欠点がある。

**【0008】** a) 固体試料の仕事関数Φ<sub>s</sub>は、固体表面のガス吸着などに極めて敏感なため、試料表面を清浄化するための手段、たとえばイオンエッチング装置を備えることが必須である。

**【0009】** b) また、イオンエッチング装置で試料を清浄化した後、すぐに試料表面にガスが吸着するようではいけないので、真空槽は超高真空対応でなければならず、装置が高価となる。

**【0010】** c) 電子線照射によってダメージを受けやすい試料に対しては、正確な測定が難しくなる。

**【0011】** 本発明は、このような問題を解決する仕事関数測定法および仕事関数測定装置を提供することを目的とする。

**【0012】**

**【課題を解決するための手段】** この目的を達成する本発明の仕事関数測定法は、試料にイオンビームを照射し、該イオンビーム照射により試料から放出される2次電子を検出してエネルギースペクトルを得、該得られたエネルギースペクトルから2次電子が出現する2次電子出現エネルギーを求め、該2次電子出現エネルギーに基づいて、前記試料の仕事関数を求めることを特徴とする。

**【0013】**

**【発明の実施の形態】** さて、上述した仕事関数測定法において、電子線の代わりにイオンビームを使ったらどうなるかということについては、今までに調べられた例がなかった。

**【0014】** 今回、本件発明者が試みたところ、イオンビーム照射によって発生した2次電子のE<sub>onset</sub>を利用しても、電子線照射の場合と全く同じように試料の仕事関数の測定が可能であることがわかった。

**【0015】** 以下、図面を用いて、イオンビームを用いて試料の仕事関数を求める本発明の実施例を説明する。

**【0016】** 図3は、本発明の仕事関数測定装置の一例を示した図である。

**【0017】** 図3において、1はイオンビーム照射手段

であり、このイオンビーム照射手段1は、上から順に、ガスイオン銃2、集束レンズ3、偏向器4および対物レンズ5を備えている。

【0018】6は前記ガスイオン銃2の真空容器であり、ガス貯蔵室7に貯えられたヘリウムガスはガス流量調整弁8を介して真空容器6に導入される。真空容器6内のガス圧力は圧力測定器（図示せず）で測定されており、この圧力測定器に接続されたガス流量調整器（図示せず）は、真空容器6内のガス圧力が所定圧力に維持されるように前記ガス流量調整弁8を制御する。

【0019】真空容器6内には、電子を発生させるためのフィラメント9、イオン化室10、およびイオン化室10で生成された陽イオンを引き出すための引出電極11が配置されている。

【0020】前記フィラメント9は、エミッション電流量制御部12に接続されると共に、エミッション電源13を介して前記イオン化室10に接続されている。また、イオン化室10は、イオン加速電源14を介して接地電位に保たれた引出電極11に接続されている。

【0021】このようなガスイオン銃2においては、エミ 20 ミッション電流量制御部12によりフィラメント9が加熱されると共に、フィラメント9の電位がイオン化室10に対して負の電位となるようにエミッション電源13が制御されるので、フィラメント9で発生した熱電子はイオン化室10の方に加速されてイオン化室に進入する。このため、イオン化室10のヘリウムガスは電子の照射を受けてイオン化し、イオンが生成される。

【0022】そして、イオン化室10の電位が引出電極 30 11に対して正の電位となるようにイオン加速電源14が制御されると、イオン化室10で生成された陽イオンは引出電極11の方に加速され、引出電極11を通過したイオンビームは集束レンズ3および対物レンズ5で集束される。

【0023】また、イオンビーム照射手段1には試料室 15が接続されており、試料室15内には試料16が配置されている。試料16は、試料ステージ17の上に載置されており、試料16には、バイアス電圧印加装置18により負のバイアス電圧が印加されるように構成されている。

【0024】前記試料室15の内部には2次電子検出器 40 19と、たとえば静電半球型エネルギーアナライザのような電子分光器20（信号検出手段）が配置されており、それらの検出信号は制御手段21に送られる。この制御手段21は、電子分光器20の出力に基づきエネルギースペクトルを得るエネルギースペクトル取得手段22を備えている。

【0025】前記電子分光器20の分析エネルギーは分析エネルギー設定手段23により設定され、分析エネルギー設定手段23は前記制御手段21により制御される。

【0026】図中24は、偏向電源25に偏向信号を供給する偏向信号発生手段であり、この偏向信号発生手段24は前記制御手段21により制御される。また、26は入力手段、27は表示手段であり、それらは何れも前記制御手段21に接続されている。

【0027】28は、前記試料室15を排気するための排気装置である。

【0028】以上、図3の装置構成について説明したが、次にこの装置の動作について説明する。

10 【0029】まず、オペレータは、入力手段26により、2次電子検出器19を用いた2次電子像取得の指示入力を行う。この入力が行われると、制御手段21は偏向信号発生手段24を制御し、偏向信号発生手段24は、イオンビームを試料上で2次元的に走査させるための偏向信号を偏向電源25に送る。この結果、引出電極11を通過して集束されたイオンビームは、試料上で2次元的に走査される。

20 【0030】このイオンビーム照射により試料16から2次電子が放出されるが、その2次電子は2次電子検出器19により検出され、検出された信号は制御手段21に送られる。制御手段21は、送られてくる信号に基づき、試料16の2次電子像を表示手段27に表示させる。

【0031】なお、図3の装置においては、イオンビーム照射により試料表面が改質されないように、イオン種として希ガスのヘリウムガスが選ばれており、さらにイオンスパッタリングができるだけ起こらないように、イオン加速電源14が制御されてイオンのエネルギーが低くされている。このため、2次電子像取得のために試料にイオンビームを照射しても、それによって試料がダメージを受けることはない。

【0032】さて、表示手段27に2次電子像が表示されると、オペレータは、その2次電子像を見ながら、その視野の範囲内において仕事関数を測定したい点を前記入力手段26により選択する。

【0033】このようにして試料上の仕事関数測定点が選択されると、前記制御手段21は偏向信号発生手段24を制御し、偏向信号発生手段24は、イオンビームをその仕事関数測定点に照射するための偏向信号を偏向電源25に送る。

【0034】この結果、イオンビームは選択された測定点を照射し、このイオンビーム照射によって試料表面の吸着ガス分子は直ちに除去される。そしてその後は、試料の測定点から、試料の仕事関数を十分に反映した2次電子が放出される。このように、試料の仕事関数測定中は、イオン照射自体が試料面を清浄化すると考えて良いから、真空槽はさして高真空を維持できるものである必要はない。

50 【0035】また、制御手段21は分析エネルギー設定手段23を制御し、分析エネルギー設定手段23は、イ

オンビームが仕事関数測定点に照射されているときに、電子分光器20の分析エネルギーをある範囲内において連続的に変化(掃引)させる。上述したように、電子分光器20の検出信号は制御手段21に送られており、制御手段21のエネルギースペクトル取得手段22は、その送られてくる信号に基づき仕事関数測定点におけるスペクトルを得る。

【0036】そして、制御手段21は、エネルギースペクトル取得手段22が得たスペクトルを表示手段27に表示させる。図4は、そのスペクトルを示したものである。オペレータは、そのスペクトルから、目視によって2次電子出現エネルギーEonsetを求め、求めたEonsetから前記測定点の仕事関数 $\Phi_s$ を求める。

【0037】以上、図3の装置について説明したが、このような装置においては、イオン照射自体が試料面を清浄化するので、真空槽が比較的低真空の場合でも仕事関数の測定ができる。また、電子線照射による仕事関数測定法の場合のように、電子照射装置とイオンエッチング装置の2つを取り付ける必要がない。

【0038】また、イオン照射による2次電子の放出効率は、イオンの加速電圧がかなり低くても(50eV以下)、高加速電圧(1keV以上)の電子線照射の場合とあまり変わらない。したがって、十分に低エネルギーなイオンを利用しても、Eonsetの測定に支障となることはなく、そしてイオン照射による試料ダメージはほとんどない。ちなみに、電子を照射する場合には、低エネルギーになるに伴って電子照射による試料ダメージは少なくなるものの、同時に2次電子放出効率が著しく低下するため、Eonsetの測定が困難になる。

【0039】以上、本発明の一例を説明したが、本発明はこの例に限定されるものではない。

【0040】たとえば、上記例においては、スペクトルを表示させて目視によってEonsetを求めるようにしたが、これを装置側で自動的に求めるようにしても良い。その一例として、前記エネルギースペクトル取得手段の出力に基づき、スペクトルの2次微分がゼロになるエネルギーを求める手段を備え、その求められたエネルギーを2次電子出現エネルギーEonsetとしても良い。さらに、その2次電子出現エネルギーを求める手段の出力に基づき、前記 $E_{onset} = E_b + \Phi_s - \Phi_{sm}$ から試料の仕事関数を求める手段を備えるようにしても良い。このような手段を備えれば、自動的に試料の仕事関数を求めることができる。図5は、前記エネルギースペクトル取得手段により得られたスペクトルを示したものであり、Eon

setは、スペクトルの2次微分がゼロになるエネルギーを示している。

【0041】また、上記例においては、ヘリウムガスを用いたが、アルゴンやクリプトンやキセノンなどの希ガスを用いても良い。

【0042】また、試料表面に異なったイオンが照射されたときの仕事関数の変化をモニタするというような場合には、希ガスイオンに限ることはなく、興味の対象となるあらゆるイオンを試料に照射するようにすれば良い。

【0043】なお、 $\Phi_s \geq \Phi_{sm}$ が成り立っている場合には原理的には $V_b = 0$ でもよく、その場合にはバイアス電圧印加装置は不要となるが、通常、分光器の仕事関数は試料の仕事関数に比べてさほど小さい値ではなく、むしろ逆になる場合も考えられるから、実用的にはバイアス電圧印加装置は必須となる。また、試料にバイアス電圧を印加する代わりに、分光器全体に逆極性のバイアスを印加しても同じ結果となるが、実用的には前者の方が実現が容易な場合が多い。

【図面の簡単な説明】

【図1】 試料に電子線を照射したときに試料から発生する電子のエネルギー分布を示した図である。

【図2】 図1の2次電子の最も低エネルギー側の部分を拡大したものである。

【図3】 本発明の仕事関数測定装置の一例を示した図である。

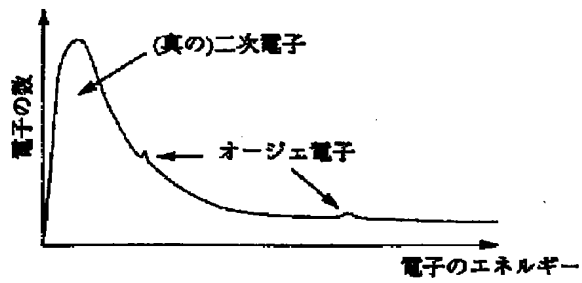
【図4】 エネルギースペクトル取得手段により得られたスペクトルを示したものである。

【図5】 エネルギースペクトル取得手段により得られたスペクトルを示したものである。

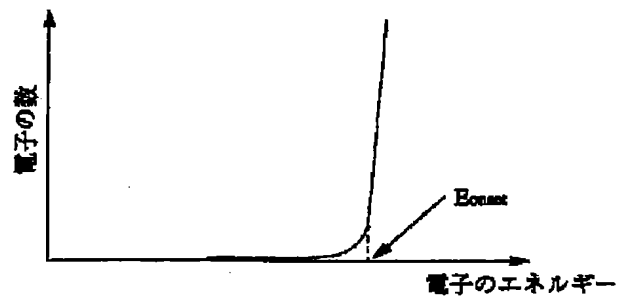
【符号の説明】

1…イオンビーム照射手段、2…ガスイオン銃、3…集束レンズ、4…偏向器、5…対物レンズ、6…真空容器、7…ガス貯蔵室、8…ガス流量調整弁、9…フィラメント、10…イオン化室、11…引出電極、12…エミッション電流量制御部、13…エミッション電源、14…イオン加速電源、15…試料室、16…試料、17…試料ステージ、18…バイアス電圧印加装置、19…2次電子検出器、20…電子分光器、21…制御手段、22…エネルギースペクトル取得手段、23…分析エネルギー設定手段、24…偏向信号発生手段、25…偏向電源、26…入力手段、27…表示手段、28…排気装置

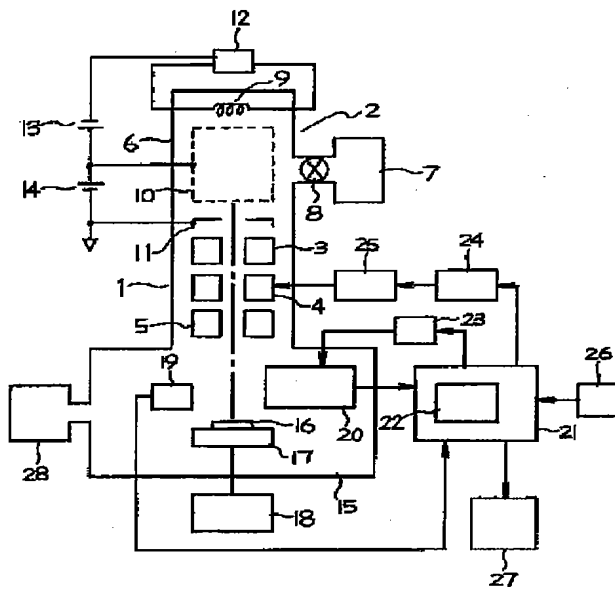
【図1】



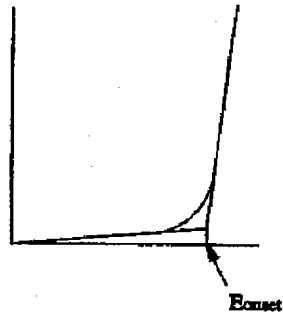
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

